مقایسه روش‌های مختلف ارزیابی قدرت تولید گاز و فعالیت تخمیری مخمر نانوایی

زهرا کسائی[۱]، سیدهادی پیغمبردوست[۲*]، محمدرضا دادپور[۳]، میرحسن موسوی[۴] و الناز شکوئی بناب [۵]

تاریخ دریافت: ۹۰/۱۰/۱۰ تاریخ **پذیرش: ۹۱/۸/۱۷**

[۱] فارغ التحصیل کارشناسی ارشد علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

[۲] دانشیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

[۳] استادیارگروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

[٤] استادیارگروه پاتوبیولوژی، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه تبریز

[۵] کارشناس گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

[*] مسئول مکاتبه:Peighambardoust@tabrizu.ac.ir

چکیده

ارائه روشی سریع برای پیش بینی فعالیت مخمرها در صنعت نانوایی از دیدگاه عملکردی و کیفیتی دارای اهمیت بسیاری است. در این مقاله با انتخاب هفت نمونه مخمر خشک فوری از شرکتهای تولیدکننده داخلی و خارجی چهار روش مقایسه ای برای ارزیابی فعالیت تخمیری ساکارومایسس سرویسیا مورد استفاده قرار گرفت: فشارسنج هنری- سایمون، دستگاه گازوگراف، آزمون میکروبی و آزمون پخت. نتایج آزمونها روند مشابهی را برای فعالیت مخمرها نشان داده و حاکی از قدرت بیشتر مخمرهای ایرانی نسبت به انواع خارجی بود. در آزمون های گازوگراف و فشارسنج، مخمر فریمان بیشترین حجم و فشار گاز تولیدی و مخمر فرانسه کمترین میزان را به خود اختصاص داد. روند مشابهی در آزمون میکروبی (تعداد واحدهای نشکیل دهنده کلنی) و آزمون پخت (حجم و ارتفاع پخت) برای این دو مخمر مشاهده شد. مخمر رضوی اختلاف معنی داری با مخمر فریمان نشان نداد. مخمرهای دزمایه، گل مایه، کلارمایه و ترکیه و فرانسه تفاوت معنی داری با مخمر فریمان و رضوی نشان دادند ($P<0.05$). تمامی آزمونها دارای همبستگی نزدیک با هم و نیز با آزمون پخت بودند. استفاده از فشارسنج بعنوان بهترین روش ارزیابی قدرت تولیدگاز مخمر نانوایی پیشنهاد گردید. این آزمون ساده و سریع می‌تواند جایگزین مناسبی برای روش طولانی مدت پخت به منظور مشاهده قابلیت تولید گاز دی اکسید کربن در مخمرهای نانوایی باشد.

واژه های کلیدی: مخمر نانوائی، تولید گاز، فعالیت، ارزیابی

Comparing different methods for evaluating gassing power and fermentation activity of baker's yeast

Z Kasaie[1], S H Peighambardoust[2], MR Dadpour[3], MH Moosavy[4] and E Shakuoie Bonab[5]

Received: December 31, 2011 Accepted: November 7, 2012

[1]MSc Graduated, Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran
[2]Associate Professor, Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran
[3]Assistant Professor, Department of Horticultural Sciences, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran
[4]Assistant Professor, Department of Pathobiology, College of Veterinary, University of Tabriz, Tabriz, Iran
[5]Expert, Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran
*Corresponding author: Email: peighambardoust@tabrizu.ac.ir

Abstract

Providing a quick way to predict the activity of yeast in the baking industry in terms of performance and quality is vital. In this paper, seven instant dry yeast samples of domestic and foreign manufacturers were assessed and compared by four methods for fermentative activity of *Saccharomyces cerevisiae*: Henry - Simon pressure meter, Gasography, microbial tests and baking test results showed a similar trend for yeast activity and demonstrated further power of Iranian yeast. In gasography and pressure tests, Fariman and French samples produced maximum and minimum gas volumes, respectively. The same trend was seen in microbial test (number of colony forming units) and baking test (loaf volume and height) for these two yeasts. Razavi yeast did not show significant differences with Fariman. Dezmayeh, Golmaye, Kelarmaye, Turkish and France yeasts showed significant differences compared with Razavi and Fariman ($P<0.05$). All tests showed a close correlation with the baking test. Using the pressure meter as the best method to assess the gassing power of bakery yeast was proposed. This quick and simple test can be a suitable alternative to long cooking methods to observe the capability of CO_2 production in bakers' yeasts.

Keywords: Baker's yeast, Gas production, Activity, Assessment

مقدمه

از نظر تکنولوژیکی مخمرنانوایی بعنوان جزء کلیدی در خمیر نانوایی محسوب می‌شود (دابس و پلگ ۱۹۸۲). موضوع مهم در این رابطه توانایی تولید گاز و قابلیت زنده‌مانی آن است (جورگنسن و اولسون ۲۰۰۲). حجم نهایی و ساختار ویژه محصولات تخمیری مانند نان بستگی به میزان گاز CO_2 تولیدی توسط مخمرها دارد. بایستی توجه گردد زمانی که محیط مناسب برای رشد مخمرها و تولید گاز توسط آنها فراهم شود، حجم مطلوب نان حاصل خواهد شد. همزمان تشکیل شبکه گلوتنی مطلوب برای نگهداری گاز نیز امکان پذیر خواهد بود (سالستریم و همکاران ۲۰۰۳).

مرحله تولید گاز در همه روش‌های تولید نان با روش تخمیر از ضرورت یکسانی برخوردار است. در طی تخمیر، گاز حاصل خمیر را منبسط کرده و به توسعه ساختار گلوتن کمک می‌نماید (پایان ۱۳۸۰).

نقش مخمر نانوایی دربهبود ساختار نان در چهار مرحله خلاصه می‌شود: الف. افزایش حجم نان به وسیله آزاد شدن گاز دی اکسید کربن در طی فرآیند تخمیر ب.بهبود ساختمان و ترکیب خمیر بوسیله اثر کشسانی ناشی از انبساط خمیردر اثر تولیدگاز ج. بهبودطعم و

مزه نان توسط مخمر د. افزایش مواد مغذی به واسطه فعالیت مخمرها در خمیر (پیغمبردوست ۱۳۸۸).

هدف نهایی از تخمیردر صنعت نانوایی افزایش حجم خمیر است میزان گاز دی اکسیدکربن تولیدی وابسته به خصوصیات مخمرنانوایی و آرد مورد استفاده و افزودنیها است و این میزان گاز تولیدی در کیفیت محصول نهایی به شدت مؤثر است (اسوک و هروسکا ۲۰۰٤).

بنابراین ارتباط انکارناپذیری بین خصوصیات تکنولوژیکی آرد و قدرت تخمیر مخمر نانوایی وجود دارد (میریک و کاتارینا ۲۰۰۸). این امر به وضوح ثابت گشته است که قابلیت تولید مناسب گاز توسط مخمر و ظرفیت بهینه نگهداری آن در خمیر، پیش نیازهای اصلی برای تولید موفق نان می‌باشند. اندازه گیری میزان گاز دی اکسید کربن تولیدی توسط مخمر نانوایی از طریق روش‌هایی نظیر آلوئوگرافی[۱] روشORR[۲] و روش MFSS[۳] قابل اندازه گیری است. در روش‌های مصوب "انجمن شیمی دانان غلات آمریکا"[٤] نیز روش‌های فشارسنجی و حجم سنجی برای این منظور بیان گشته است (سالستریم و همکاران ۲۰۰۳). متداول‌ترین روش-ها شامل اندازه‌گیری میزان گاز دی اکسیدکربن تولیدی توسط مخمر نانوایی در محیط تخمیر از طریق دستگاههای گازوگراف و فشارسنج می‌باشد. روش استفاده از فشار سنج برای نخستین بار در سال ۱۹۳۹ ارائه شد که فشار تولید شده در ظرف تخمیر بوسیله مانومتر جیوه ای اندازه گیری می‌شد. در روش حجم سنجی نیز از بورت های کالیبره‌ای استفاده شد که یک حمام آبی وجود داشت که دما در آن به منظور کنترل فرآیند در ۳۰ درجه سانتیگراد ثابت نگه داشته می‌شد (سالستریم و همکاران ۲۰۰۳).

در سال ۱۹۸۰ شکل ابتدائی دستگاه گازوگراف طراحی و ارائه شده و دانشمندان میزان تولید گاز توسط مخمر را اندازه گیری کردند. در این روش خمیر در داخل یک ظرف استوانه‌ای قرار گرفت. ظرف دیگری از کلرید کلسیم اشباع شده بود. ارلن حاوی خمیر، در داخل حمام آبی با دمای ۳۰ درجه سانتیگراد به مدت ۲٤ ساعت قرار گرفت. با ثبت میزان جابجایی سطح در ظرف دوم، به میزان حجم کل گاز تولیدی پی بردند (یوان و همکاران ۱۹۹۵).

اما محققان معتقد بودند سیستم دارای کمبودهایی است که باید برطرف شود. این نقایص درسیستمی تحت عنوان MFSS که شامل ۲٤ کانال بود تا حدودی رفع شد. دستگاه دارای دو واحد کلی بود. واحد اختلاط و ورزدهی و واحد اندازه گیری میزان گاز تولیدی در اثر فعالیت مخمر. میزان دی اکسید کربن تولیدی، با مکانیسم افزایش فشار در یک حجم ثابت به ثبت رسید. این روش، تکمیل شده روش گازوگراف بود که در آن از ۱۲ کانال استفاده شده بود. در این سیستم حجم مورد مصرف و نیز تجهیزات مکانیکی در حداقل میزان بوده و دارای درجات بالایی از عملیات اتوماتیک بود (فین دوناس ۱۹۸۸).

ارتباط انکارناپذیری بین خصوصیات تکنولوژیکی آرد و قدرت تخمیر مخمر نانوایی وجود دارد (میریک و کاتارینا، ۲۰۰۸). برای اثبات این موضوع از دستگاه حجم سنجی استفاده شد. این دانشمندان در ابتدا با آزمون‌های فیزیکی و شیمیایی که مبتنی بر اصول استاندارد کنترل کیفیت آرد است، خصوصیات کیفی آنرا تعیین کرده و با آزمون‌های دیگری قدرت تخمیر مخمر را اندازه گیری نمودند. فعالیت تخمیری مخمرها در خمیر، از طریق حجم CO_2 تولیدی در طی ۱ و ۲ ساعت اندازه گیری شد. این روش، همان روش فرمانتوگراف SJA است. در این سیستم حجم اندازه گیری شده که فعالیت مخصوص تخمیری نامیده می-شود، بعنوان حجم CO_2 تولیدی در سانتیمترمکعب ماده

[۱] Alveography method
[۲] Oven Rise Recorder method
[۳] Multi fermentation screening system
[٤] American Association of Cereal Chemistry (AACC)

خشک مخمر در طی ۱ و ۲ ساعت بیان می‌شود. (میریک و کاتارینا ۲۰۰۸)

پیغمبردوست و همکاران (۲۰۱۰) با استفاده از گازوگراف و اندازه‌گیری دانسیته دینامیک خمیر ارتباط مؤثر و مثبتی بین این روش با آزمون پخت برای اندازه‌گیری میزان حجم دهی خمیر ارائه کردند.

پس از نخستین استفاده از فشارسنج (بایلی و همکاران ۱۹۳۹) بسیاری از دانشمندان از روش فشارسنجی استفاده نموده در ادامه از چندین فشارسنج برای اندازه‌گیری فشار در یک سیستم استفاده نمود (رابندالر ۱۹۸۰)

بلیدی و همکاران (۲۰۰۸) عنوان کردند که به خوبی می-توان از فشارسنج برای ارزیابی سینتیک گاز دی اکسیدکربن تولید شده در خمیر استفاده کرد.

تحقیقاتی که در مورد زنده‌مانی مخمر نانوایی صورت گرفته محدودتر از تحقیقاتی هستند که در مورد قدرت تولید گاز آنها انجام گرفته است (گرولا و همکاران ۱۹۸۵). قابلیت زنده‌مانی مخمر یک مفهوم نسبی است. بدین معنی که سلول‌های مخمر می‌توانند زنده باشند اما فعال نباشند. توانایی سلول‌های مخمر برای رشد و تولید مثل، همان فعالیت است که مهم‌تر از زنده بودن آنهاست (آوتیو و همکاران ۱۹۹٤).

امروزه فعالیت سلول‌های مخمری در خمیر توسط روش‌های مختلف اندازه‌گیری تولید گاز مخمرها و یا بوسیله روش‌های میکروسکوبی تعیین می‌شود. از آنجائیکه گاز CO_2 در طی تخمیر توسط مخمرها تولید می‌شود، اندازه‌گیری حجم گاز تولیدی می‌تواند سنجش مناسبی برای دستیابی به میزان فعالیت مخمر باشد. این روش نیز دارای معایبی است. ازجمله اینکه میزان نمونه مورد نیاز برای بررسی‌های مذکور زیاد است و کارهای دستی زیادی را می‌طلبد و برای مطالعه مخمرها زمانی‌که خمیر در حالت انجماد است نمی‌تواند کاربرد داشته باشد. ولی به هر حال در کنار روش‌های فشارسنجی و دستگاهی رایج، به وفور مورد استفاده قرار می‌گیرد (آوتیو و همکاران ۱۹۹٤).

باوجود تحقیقات گسترده موجود در منابع علمی در زمینه استفاده از روش‌های فوق، مطالعه مقایسه ای برای دستیابی سریع و دقیق به میزان فعالیت عملکردی مخمر نانوایی در محیط تخمیر صورت نگرفته است. هدف از این تحقیق مقایسه روش‌های مختلف ارزیابی قدرت تولیدگاز و فعالیت تخمیری مخمرهای خشک فوری تجارتی و بررسی همبستگی بین این روش‌های اندازه‌گیری است.

مواد و روش‌ها

مواد مصرفی و تجهیزات مورد نیاز

هفت نمونه مخمرخشک فوری (ساخت شرکت‌های داخلی و خارجی)، دستگاه فشارسنج هنری سایمون (ساخت شرکت آذر تجهیز آزما، تبریز)، دستگاه گازوگراف (ساخت شرکت آذر تجهیز آزما، تبریز)، میکسر نانوایی (ساخت شرکت سپه کار اصفهان)، فر پخت (ساخت شرکت Voss آلمان) و تجهیزات و لوازم آزمایشگاهی جهت انجام آزمون‌های مربوطه.

مخمر نانوایی. مخمر مورد آزمون از نوع خشک فوری و از کارخانجات فریمان(A)، رضوی(B)، دزمایه(C)، گل مایه(D)، کلارمایه(E)، ساف اینستانت ترکیه(F) و ساف لوور فرانسه(G) خریداری شد. همه مخمرها به استثنای انواع خارجی، پس از تولید در مدت زمان کمتر از یک هفته از کارخانه خریداری شده و به آزمایشگاه منتقل گشته و در دمای یخچال تا انجام آزمون‌های مربوطه نگهداری شدند. نمونه‌های خارجی نیز از بازار محلی خریداری شدند. شایان ذکر است که تاریخ انقضای آنها بیشتر از زمان مصرف آنها برای انجام آنالیزها بود.

آرد گندم. آرد نول با کیفیت نانوایی متوسط با خصوصیات فیزیکو شیمیایی نشان داده شده در جدول ۱ از شرکت آرد اطهر خریداری گردید.

ارزیابی کیفیت فیزیکی شیمیایی آرد. اندازه گیری مقدار رطوبت، خاکستر، گلوتن مرطوب و عدد زلنی با روش‌های مصوب AACC به ترتیب با شماره های 16-44، 07-09، 12-38، 11-56 انجام گردید.

آزمون گازوگراف

برای اندازه گیری میزان حجم کل گاز تولیدی در خمیر در طی تخمیر از دستگاه گازوگراف (ساخت شرکت آذر تجهیز آزما، تبریز) استفاده شد. بدین صورت که بعد از تهیه خمیر و چانه گیری آن به صورت یک چانه کوچک، در بالنی که دارای درپوش محکمی به منظور جلوگیری از ورود هواست، گذاشته شده و در حمام آبی که دارای دمای ثابتی است قرار گرفت. بالن از طریق لوله ای، به یک استوانه وارونه مدرج متصل شد. این کار به منظور جمع آوری گاز CO_2 تولیدی می-باشد. به منظور جلوگیری از انحلال گاز تولیدی، آب داخل بشر، تا pH=2 اسیدی گشته و دمای حمام آبی نیز حدود ٤٠ درجه سانتیگراد ثابت نگه داشته شد. میزان گاز تولیدی هر ٥ دقیقه یکبار ثبت گشت. کل زمان آزمون حدود ۱۸۰ دقیقه بوده و میزان گاز تولیدی با عنوان سانتیمترمکعب برای ١٦ گرم خمیر گزارش شد (پیغمبردوست و همکاران، ۲۰۱۰).

آزمون فشارسنجی هنری- سایمون

در این آزمون میزان فشار گاز CO_2 تولید شده ناشی از فعالیت مخمرها بر اساس سانتیمتر جیوه توسط فشارسنج سایمون در طی فواصل زمانی یک تا سه ساعت اندازه گیری شده است. برای انجام آزمون مقدار ۰/۳۸ گرم مخمر به ازای ۱۰ گرم آرد، توزین شده و به داخل یک بشر کوچک منتقل و روی آن ۲ میلی لیتر آب مقطر ۳۰ درجه سانتیگراد اضافه شد. مخلوط مخمر و آب، روی ۱۰ گرم آردِ توزین شده در ظرف دیگری اضافه شده و بقایای محلول موجود در بشر کوچک با ٥ میلی لیتر آب ۳۰ درجه سانتیگراد شستشو داده شده و روی آرد- آب اضافه گردید. مخلوط آرد و آب توسط یک کاردک بصورت خمیر درآورده شده و به داخل بشر کوچکی که قبلا در آن محلول مخمر تهیه شده بود، منتقل شد. بشر حاوی خمیر در داخل محفظه فشارسنج قرار داده شده و فشارسنج در داخل آب ولرم (دمای تقریبا ۳۰ درجه سانتیگراد) در بن ماری مخصوص قرار داده شد. سپس هر یک ساعت درجه فشارسنج قرائت شده و یادداشت گشته و بدین ترتیب فشار گاز CO_2 حاصل از فعالیت مخمرها در فواصل زمانی ۱ تا ۳ ساعت بدست آمد (پیغمبردوست و همکاران، ۲۰۱۰).

آزمون میکروبی مخمرها

تهیه سوسپانسیون مخمری برای کشت میکروبی

بعد از انتخاب مخمر مورد نظر، ۲٥ گرم از آن با ۱۷٥ میلی لیتر آب مخلوط شد. نیمی از سوسپانسیون در دمای ۱۰۰ درجه سانتیگراد به مدت یک ساعت حرارت داده شد. قابلیت زنده‌مانی این سوسپانسیون از طریق شمارش میکروبی بررسی شد. سپس سوسپانسیون مرده و سوسپانسیون فعال، توسط یک همزن مغناطیسی به آرامی و با نسبت‌های خاص با هم مخلوط شدند (آوتیو و همکاران،١٩٩٤)

شمارش سلول‌های مخمری توسط آزمون میکروبی

برای شمارش سلول‌های مخمری از این روش استفاده شد که سوسپانسیون مخمری با درصدهای مختلف زنده به مرده روی محیط کشت YGC Agar و به روش پورپلیت کشت داده شده و بعد از ٥ روز انکوباسیون در دمای ۲٥ درجه سانتیگراد تعداد واحدهای تشکیل دهنده کلنی (CFU) شمارش شدند. بدین صورت که تعداد کلنی‌های تشکیل شده در پلیت‌ها شمارش شده و در عکس رقت سوسپانسیون مورد نظر ضرب شدند. نمونه‌ها در دو تکرار کشت داده شدند. (آوتیو و همکاران،١٩٩٤)

پخت نان

برای پخت نان از این روش استفاده گردید: ٥۳۰ گرم آرد با ۲۸۰۰ میلی لیتر آب مخلوط شده ۱/٥٪ مخمر و ٥ گرم نمک طعام تصفیه شده بدون ید (تهیه شده از بازار محلی) به مخلوط حاضر اضافه گشت. فرمانتاسیون در

دمای ۳۰ درجه سانتیگراد، با رطوبت نسبی ۷۵٪ و به مدت ۹۰ دقیقه انجام گرفت. مرحله بعد چانه گیری و شکل دهی خمیر و بعد تخمیر میانی و در نهایت شکل دهی و تخمیر نهایی بود. این کار در مدت زمان۶۰ دقیقه، با رطوبت نسبی ۸۰٪ و دمای ۳۰ درجه سانتیگراد انجام گرفت.

بعد از سپری شدن دوره های تخمیر اولیه و نهایی، پخت نان از ۵۰ گرم خمیر در قالب های کوچک به ابعاد۷۰×۳۰×۳۰ میلی متر در مدت زمان ۲۵ دقیقه در ۲۰۰ درجه سانتیگراد انجام گرفت. برای پخت نان از دستگاه فر پخت نان کارگاهی مجهز به محفظه‌های جداگانه تخمیر و پخت با قابلیت تزریق بخار فشرده (ساخت شرکت Voss آلمان) استفاده شد.

اندازه گیری حجم و ارتفاع نان: جهت اندازه گیری حجم از روش حجم سنجی جابجایی دانه کلزا استفاده گردید. پس از انجام برش طولی قرص نان ارتفاع آن با خط کش اندازه گیری گردید.

نتایج و بحث

خصوصیات آرد گندم

مقادیر رطوبت، خاکستر، ، گلوتن مرطوب و عدد رسوب زلنی در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱- ویژگی های آرد مورد آزمون

رطوبت (درصد)	خاکستر (درصد)	گلوتن مرطوب (درصد)	عدد زلنی (سانتیمترمکعب)
±۰/۰۱ ۱۲/۷	± ۰/۰۱ ۰/۵۸	۲۲/۱۲±۰/۰۱	۲۳/۶±۰/۰۲

بر اساس جدول فوق آرد مورد استفاده دارای رطوبت قابل قبولی بوده و مقدار گلوتن مرطوب آن نیز نشان-دهنده این است که آرد مورد استفاده از لحاظ کیفیت پروتئینی جزو آردهای متوسط بوده است.

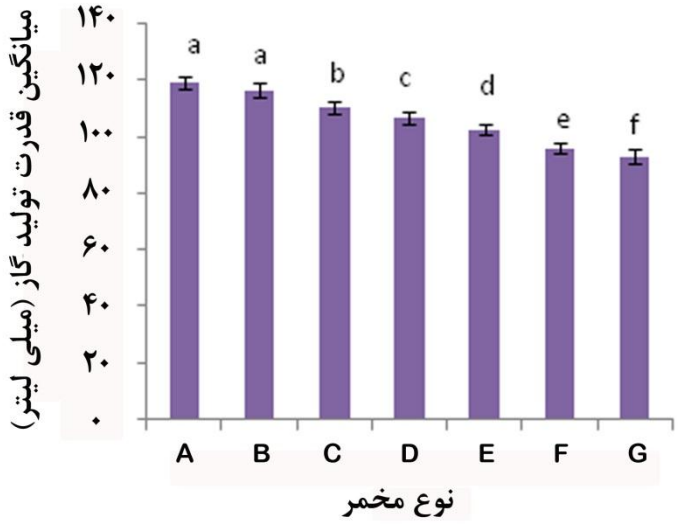
نتایج حاصل از آزمون‌های گازومتری و فشارسنجی

در شکل ۱ اثر نوع مخمر بر روی میزان حجم گاز دی اکسیدکربن تولیدی نشان داده شده است. مخمرهای A و B تفاوت معنی داری با هم نشان ندادند. در آزمون گازوگراف دیده شد که مخمرهای A و B از نظر فعالیت حجم دهی به هم نزدیک بودند. مخمر C دارای تفاوت معنی دار در سطح احتمال ۵٪ با مخمرهای A و B بود. مخمر D تفاوت معنی داری با مخمر E نداشت و اینکه این دو نوع مخمر با دو مخمر بعدی مورد مطالعه تفاوت معنی داری نشان دادند ($p<0.05$). مخمرD از نظر فعالیت کمی متفاوت تر بوده و بین مخمر C و E با کمی تفاوت نسبت به فعالیت آنها قرار داشت. مخمرهای C,E,F و G نیز دارای تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ هستند. روند ثبت شده در آزمون گازوگراف نشان داد که در شرایط تخمیر یکسان، نوع مخمر بر روی میزان قدرت گازدهی اثرگذار بود.

همانگونه که در شکل ۲ مشخص است درآزمون فشارسنجی نیز مخمرهای A و B تفاوت معنی داری باهم نداشتند. مخمر C با دو مخمر A و B دارای تفاوت معنی دار در سطح احتمال ۵٪ است. مخمرهای D و E تفاوت معنی داری با هم ندارند ولی با مخمرهای دیگر دارای تفاوت معنی داری هستند ($P<0.05$). مخمرهای F و G نیز دارای تفاوت معنی دار باهم و با دیگر مخمرهای مورد آزمون در سطح احتمال ۵٪ می-باشد. دستگاه فشارسنج نیز نیز نتایج حاصل از دستگاه گازوگراف را تائید کرد. همانند دستگاه گازوگراف، مخمرهای مورد آزمون در دستگاه فشارسنج هنری سایمون نیز عیناً همان روند افزایشی را حفظ کردند. در اینجا نیز قدرت تولید گاز مطابق زیر بدست آمد:

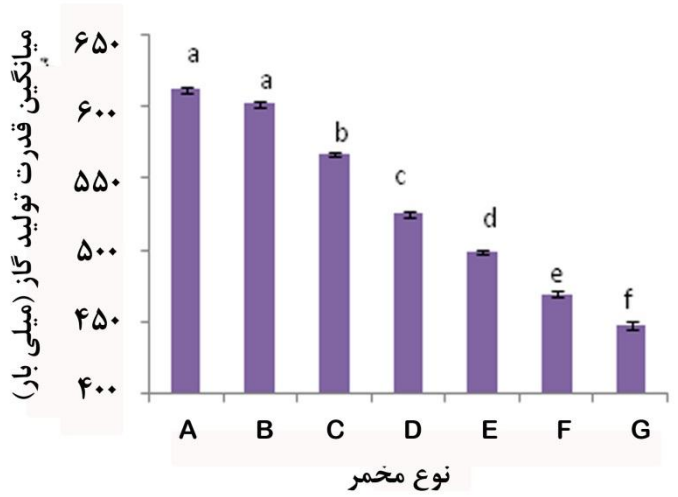
قدرت تولید گاز : A > B > C > D > E > F > G

مخمرها در دستگاه فشارسنج و گازوگراف



شکل ۱- مقایسه اثر مخمر بر روی قدرت تولید گاز دی اکسید کربن توسط هفت نمونه مخمر

حروف متفاوت نشانه اختلاف معنی دار ($p<0.05$) بین تیمارها می باشند.



شکل ۲- بررسی اثر مخمر بر روی قدرت تولید گاز دی اکسید کربن توسط هفت نمونه مخمر

حروف متفاوت نشانه اختلاف معنی دار ($p<0.05$) بین تیمارها می باشند.

بررسی همبستگی بین نتایج گازوگراف و فشارسنج

نتایج حاصل از دو آزمون حجم سنجی با دستگاه گازوگراف و فشارسنجی با دستگاه هنری سایمون، در مدت زمان ۱۸۰دقیقه با ۷ تیمار و در سه تکرار، از طریق آنالیز داده ها با نرم افزار SAS به دست آمده و حاکی از همبستگی بسیار نزدیک این آزمون‌ها است. روش گازوگرافی دارای همبستگی(۰/۹۸***) با روش فشارسنجی بوده و از طریق رابطه زیر ارتباط این دو روش بیان می‌گردد:

P: فشارسنج

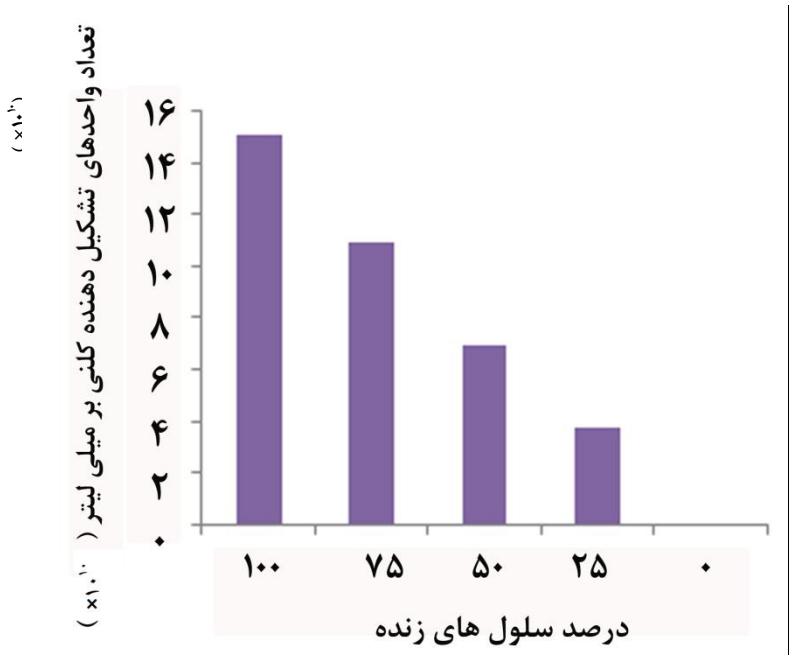
G: گازوگراف

$$G = 0/17373\ P + 15/8235$$

روش فشارسنج نسبت به گازوگراف روشی ساده تر و کم هزینه تر است. با این فرمول به راحتی می‌توان با داده های حاصل از آزمون فشارسنجی(بر حسب میلی بار) به نتایج گازوگرافی(برحسب سانتیمترمکعب) دسترسی داشت.

نتایج حاصل از آزمون میکروبی

هرچه میزان زنده مانی سلول‌های مخمر در محیط تخمیر بیشتر باشد، تعداد واحدهای تشکیل دهنده کلنی نیز بیشتر خواهد بود. بنابراین ارتباط کاملا مستقیمی بین میزان سلول‌های مخمری زنده و توانایی تولید گاز دی اکسیدکربن توسط آنها وجود دارد. از بین بردن سلول‌های مخمری توسط حرارت نیز کاملا این موضوع را تائید کرد. در حالتی که میزان سلول‌های مخمری زنده در سوسپانسیون بیشتر است تعداد واحدهای تشکیل دهنده کلنی نیز بیشتر بوده و میزان قدرت تولید گاز مخمر نانوایی نیز بیشتر خواهد بود.



شکل ۳- ارتباط زنده مانی مخمر و تعداد واحدهای تشکیل دهنده کلنی بر میلی لیتر

حروف متفاوت نشانه حداقل اختلاف معنی دار می باشند. ($P<0.05$)

مقایسه تعداد کلنی های تشکیل دهنده هفت نمونه مخمر نانوایی

روند مشاهده شده در این آزمون موید نتایج آزمون-های قبلی بوده و نشان داد هرچه میزان کلنی های تشکیل شده بیشتر باشد قدرت تولید گاز بیشتری نیز نشان خواهد داد. مقایسه این اعداد با نتایج حاصل از گازوگراف و هنری سایمون در ادامه آمده است.

همانطوری که در نمودار زیر مشاهده می‌شود تعداد واحدهای تشکیل دهنده کلنی در سوسپانسیون ۱۰۰ درصد زنده مخمرهای A تا G بررسی شده و نتیجه به قرار زیر بدست آمد:

تعداد واحدهای تشکیل دهنده کلنی : A > B > C > D > E > F > G

شکل ۴- مقایسه تعداد کلنی های تشکیل دهنده هفت نمونه مخمر نانوایی

حروف متفاوت نشانه حداقل اختلاف معنی دار می باشند. ($P<0.05$)

نتایج حاصل از آزمون فیزیکی پخت

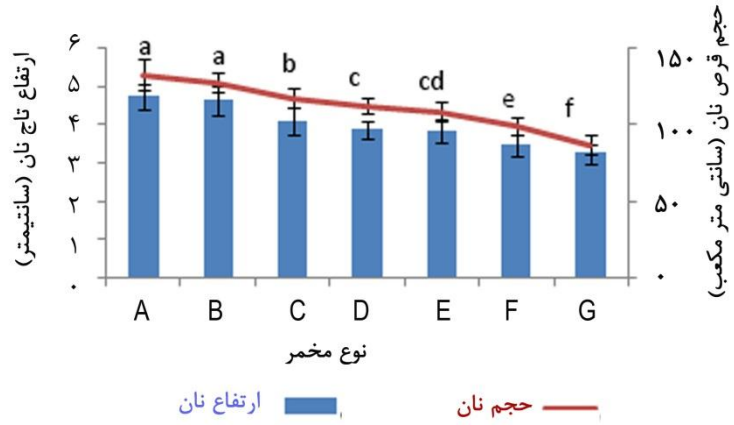
با مقایسه ارتفاع نان‌های مورد مطالعه این نتایج حاصل شد که میانگین ارتفاع نان حاصل از مخمر A با میزان ٤/٧٢ سانتیمتر بیشترین میزان ارتفاع در بین نان‌های مورد مطالعه بود. بعد ازآن مخمر B با ارتفاع ٤/٦١ تفاوت بسیار کمی را با مخمر A نشان داده و در رتبه دوم ارتفاع و فعالیت حجم دهی قرار گرفت. این دو مخمر تفاوت معنی داری با هم نشان ندادند. مخمرهای F,E,D,Cو G نیز به ترتیب با میانگین ارتفاع های٤/٠٧، ٣/٨٤، ٣/٨١، ٣/٤٥ و ٣/٢٤ سانتیمتر در رتبه های بعدی فعالیت تولید گاز قرار گرفتند. تفاوت معنی داری بین مخمرC و سه مخمرA و B و D وجود داشت. ($p<0.05$). مخمر D و E تفاوت معنی داری با هم ندارند ولی دو مخمرF و G نیز دارای اختلاف معنی دار در سطح احتمال ٥٪ می‌باشند.

مشابه نتایج حاصل از ارتفاع نان‌ها، با مقایسه حجم نان‌های مورد مطالعه مشاهده شد که میانگین حجم نان حاصل از مخمر A با ١٣٢/٢٢ سانتیمترمکعب بیشترین میزان حجم در بین نان‌های مورد مطالعه بود. بعد ازآن مخمر B با حجم١٢٧/٥٥ سانتیمتر مکعب تفاوت بسیار کمی را با مخمر A نشان داده و در رتبه دوم فعالیت حجم دهی قرار گرفت. مخمرهای F,E,D,C وG به ترتیب با میانگین حجم‌های ١١٧/٦٦، ١١٢/١١، ١٠٨/٣٣، ٩٨/٨٨ و ٨٦/٦٦ سانتیمترمکعب در رتبه های بعدی فعالیت تولید گاز قرار گرفتند. در اینجا نیز تفاوت معنی داری بین مخمر C و سه مخمرA و B و D وجود دارد. ($p<0.05$). مخمر D و E تفاوت معنی داری با هم ندارند ولی دو مخمرF و G نیز دارای اختلاف معنی دار در سطح احتمال ٥٪ می‌باشند.

ارزیابی فعالیت تولید گاز مخمر نانوایی

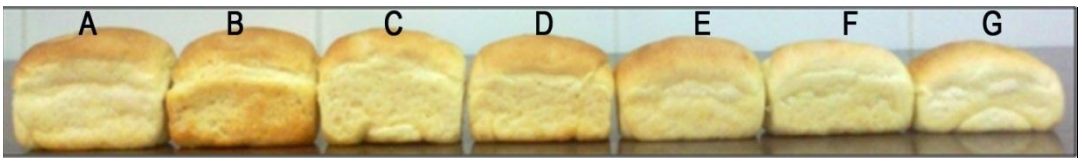
همانگونه که ازشکل ٦ مشاهده می‌شود. نتایجی که در آزمون‌های میکروبی، حجم سنجی و فشارسنجی به دست آمده بودند با آزمون پخت نیز تائید شدند. بدین ترتیب که هرچه میزان زنده مانی سلولهای مخمری بیشتر باشد، میزان گاز دی اکسید کربن تولیدی نیز بالا بوده وارتفاع نان حاصله بیشتر خواهد بود. در این شکل از سمت چپ به راست به ترتیب مخمرهای فریمان (بیشترین ارتفاع نان حاصله)، رضوی، دزمایه، گل مایه،

کلارمایه، ترکیه و در نهایت فرانسه (کمترین ارتفاع نان حاصله) قرار دارند. در این شکل نیز نتایج دو آزمون قبلی مشاهده و تائید شدند.



شکل ۵- مقایسه حجم و ارتفاع نان‌های حاصل از هفت نمونه مخمرنانوایی

حروف متفاوت نشانه حداقل اختلاف معنی دار می باشند. ($P<0.05$)



شکل۶- مقایسه قدرت تولید گاز هفت نمونه مخمر نانوایی

جدول همبستگی ساده پیرسون بین آزمون‌های مورد مطالعه

روش های مورد آزمون دارای همبستگی بسیار نزدیکی با هم بوده و بنابراین می‌توان با انتخاب روش ارزانتر، آسانتر، سریع تر و دقیق تر به ارزیابی قدرت تولید گاز مخمر نانوایی پرداخت. بین روش‌های فوق فشارسنج هنری سایمون به خصوصیات فوق الذکر نزدیکتر است. می‌توان از این روش برای پیش بینی خصوصیات تکنولوژیکی مخمر نانوایی بدون نیاز به آزمون طولانی مدت پخت استفاده کرد.

جدول ۲- همبستگی ساده پیرسون بین تمامی آزمون‌های مورد مطالعه

نام آزمون	فشارسنج	گازوگراف	میکروبی	حجم نان
گازوگراف	۰/۹۸***			
میکروبی	۰/۹۷ **	۰/۹۶ **		
حجم سنجی نان	۰/۹۷ **	۰/۹٤ **	۰ /۹۸***	
ارتفاع سنجی نان	۰ /۹٤ **	۰ /۸۹ **	۰/۹۷ **	۰/۹۸ ***

*** معنی‌دار در سطح احتمال ۰/ ۰۰۱ ** معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۱ * معنی‌دار در سطح احتمال0.1 ns:معنی دار نیست

نتیجه‌گیری

قدرت تولید گاز مخمرهای نانوایی تجارتی با چهار آزمون گازوگرافی، فشارسنجی، آزمون میکروبی و آزمون پخت مقایسه گشتند. در آزمون گازوگرافی و فشارسنجی مخمر فریمان (A) با بیشترین حجم و فشار گاز تولیدی در مدت زمان تخمیر قویترین مخمر مورد مطالعه و مخمر ساف لوور فرانسه (G) ضعیف‌ترین مخمر بود. قدرت تولید گاز و حجم دهی و تولید فشار سایر مخمرها نیز به قرار زیر به دست آمد:

قدرت تولید گاز مخمرها در دستگاه گازوگراف: A > B > C > D > E > F > G

از آزمون میکروبی مشاهده شد که هرچه تعداد واحدهای تشکیل دهنده کلنی بر میلی لیتر مخمر مورد مطالعه بیشتر باشد، مخمر از نظر عملکرد تکنولوژیکی عملکرد بهتری داشته و قویتر خواهد بود. همچنین با بررسی نسبت درصدهای مختلف سوسپانسیون مخمری زنده به مرده این نتیجه حاصل شد که هرچه درصد سلول‌های مخمری مرده در محیط تخمیر بیشتر باشد تعداد واحدهای تشکیل دهنده کلنی و متعاقب آن حجم و فشار گاز تولیدی توسط مخمر کاهش پیدا خواهد کرد. اهمیت این موضوع به دلیل تشخیص ساده عملکرد مخمر نانوایی با یک کشت ساده میکروبی است.

نتایج حاصل از آزمون پخت تمامی مطالب فوق را تائید کرده و نشان داد که هرچه میزان حجم گاز تولیدی در آزمون گازوگرافی، میزان فشار گاز تولیدی در آزمون هنری سایمون و میزان واحدهای تشکیل دهنده کلنی در آزمون میکروبی بیشتر باشد حجم نان حاصله نیز بیشتر خواهد بود. در نهایت با مقایسه روش‌های ارزیابی قدرت تکنولوژیکی مخمر نانوایی و بر اساس داده های آماری بهترین روش پیشنهادی برای پیش بینی خصوصیات عملکردی و تکنولوژیکی مخمر نانوایی روش فشارسنجی می‌باشد.

منابع مورداستفاده

پایان ر. ۱۳۸۰، مقدمه ای بر تکنولوژی فرآورده های غلات، انتشارات نوپردازان، تهران

پیغمبر دوست س.ه. ۱۳۸۸، تکنولوژی فرآورده های غلات ، جلد اول، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی تبریز

Autio K, Sandholm T, 1992. Detection of active yeast cells (Saccharomyces cerevisiae) in frozen dough sections. Applied and Environmental Microbiology. 58: 2153-2157

Azizi M H ,Seyyedin S M, Peighambardoust S H, 2010. Effect of flour extraction rate on flour composition, dough rheological characteristics and quality of flat bread. Journal of science and technology (JAST). 8:323-330

Bellidi G, Martin G, Harry D, John H, 2008. Use of a pressuremeter to measure the kinetics of carbon dioxide evolution in chemically leavened wheat flour dough. Journal of Agriculture And Food Chemistry. 56: 9855–9986

Dobbes A, Peleg J.M, Mudegett R.E. 1982. Some Physical Characteristics of Active Dry Yeast. Powder Technology, 32: 63 - 69.

Duns F, 1988. Multi fermentation screening system (MFSS): Computerized simultaneous evaluation of carbon dioxide production in twenty-four yeasted broths or doughs. Journal of Microbiological Methods. 8: 303-314.

Grula M, Watson M, Pohl H A, 1985. Relationship between dough-raising activity of baker's yeast and the fraction of vital cells as determined by methylene blue staining or by dielectrophoresis. Journal of Biological Physics. 13:29-32

Jorgensen H,Olsson L, Ronnow B, Palmqvist E A, 2002. Fed-batch cultivation of baker's yeast followed by nitrogen or carbon starvation,effects on fermentative capacity and content of trehalose and glycogen, Apply Microbial Biotechnology.59:310–317

Miric A, Katarina V,2008. Effects of mill stream flours technological quality on fermentative activity of bakery yeast Saccharomyces cerevisiae. APTEFF.39,1-212

Peighambardoust S H, Fallah E, Hamer R J, van der Goot A J, 2010. Aeration of bread dough influenced by different way of processing. Journal of Cereal Science. 51: 89–95

Rubenthaler G L, Finney P L, SDemaray D E, Finney K F, 1980. Gasograph, design, construction, and reproducibility of a sensitive 12-channel gas recording instrument. Cereal Chemistry. 57: 212-216.

Sahlstream S, Woojoon P, David R, 2003. Factors influencing yeast fermentation and the effect of LMW sugars and yeast fermentation on hearth bread quality. Cereal Chemistry. 81:328-335

Salovaara H, Valjakka T, 1987. The effect of fermentation temperature, flour type, and starter on the properties of sour wheat bread. International Journal of Food Science and Technology. 22: 591-597.

Svec I, Hruskova M, 2005. Wheat flour fermentation study. Journal of Food Science. 22: 17-23.